

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-044026

(43)Date of publication of application : 16.02.2001

(51)Int.Cl.

H01F 10/24
G30B 29/28

(21)Application number : 11-218655

(71)Applicant : TDK CORP

(22)Date of filing : 02.08.1999

(72)Inventor : OIDO ATSUSHI
YAMAZAWA KAZUTO

(54) MAGNETIC GARNET SINGLE CRYSTAL AND FARADAY ROTATOR USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic garnet single crystal, where occurrence of crystal defects is suppressed, and to provide a Faraday rotator improved in quenching ratio, related to a magnetic single crystal and a Faraday rotator using it.

SOLUTION: A magnetic garnet single crystal is used, which is grown by liquid-crystal epitaxial growth method and is represented by a general expression $Bi_aPb_bA_3-a-bFe_5-c-dBcPt_dO_{12}$, where A is at least one kind of element selected from among Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, and Lu, B is at least one kind of element selected from among Ga, Al, Sc, Ge, and Si, and $0 < a < 3.0$, $0 < b \leq 2.0$, $0 \leq c \leq 2.0$, $0 < d \leq 2.0$.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.04.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 15.06.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision 2004-14525 of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 12.07.2004

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-44026

(P2001-44026A)

(43)公開日 平成13年2月16日(2001.2.16)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テラポート [®] (参考)
H 0 1 F 10/24		H 0 1 F 10/24	4 G 0 7 7
C 3 0 B 29/28		C 3 0 B 29/28	5 E 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 5 頁)

(21)出願番号	特願平11-218655	(71)出願人	000003067 ティーディーケー株式会社 東京都中央区日本橋1丁目13番1号
(22)出願日	平成11年8月2日(1999.8.2)	(72)発明者	大井戸 敦 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内
		(72)発明者	山沢 和人 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケー株式会社内
		(74)代理人	100101214 弁理士 森岡 正樹 Fターム(参考) 4G077 AA03 BC25 BC27 BC28 CG01 EC08 HA01 5E049 AB06 AB09 AC03 BA29 MC07

(54)【発明の名称】 磁性ガーネット単結晶およびそれを用いたファラデー回転子

(57)【要約】

【課題】本発明は、磁性ガーネット単結晶およびそれを用いたファラデー回転子に関し、結晶欠陥の発生を抑えた磁性ガーネット単結晶及び、消光比を向上させたファラデー回転子を提供することを目的とする。

【解決手段】液相エピタキシャル成長法により育成され、一般式 $Bi_xPb_yA_zFe_{1-x-y-z}B_dPt_dO_{12}$ (式中のAは、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luから選択される少なくとも1種類の元素、BはGa、Al、Sc、Ge、Siから選択される少なくとも1種類の元素、a、b、c、dは各々、 $0 < a < 3.0$ 、 $0 < b \leq 2.0$ 、 $0 \leq c \leq 2.0$ 、 $0 < d \leq 2.0$)で示される磁性ガーネット単結晶を用いる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】液相エビタキシャル成長法により育成される、

一般式 $Bi_xPb_yA_{1-x-y}Fe_zM_dO_{1-x-y-z-d}$

(式中のAは、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luから選択される少なくとも1種類の元素、BはGa、Al、Sc、Ge、Siから選択される少なくとも1種類の元素、a、b、c、dは各々、 $0 < a < 3.0$ 、 $0 < b \leq 2.0$ 、 $0 \leq c \leq 2.0$ 、 $0 < d \leq 2.0$)で示されることを特徴とする磁性ガーネット単結晶。

【請求項2】請求項1記載の磁性ガーネット単結晶であって、

膜厚が $200 \mu m$ 以上であることを特徴とする磁性ガーネット単結晶。

【請求項3】請求項1又は2に記載の磁性ガーネット単結晶であって、

$0.5 \leq b/d \leq 2.0$ であることを特徴とする磁性ガーネット単結晶。

【請求項4】請求項1乃至3のいずれか1項に記載の磁性ガーネット単結晶で形成されることを特徴とするファラデー回転子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁性ガーネット単結晶およびそれを用いた磁気光学効果を利用するファラデー回転子に関する。磁性ガーネット単結晶を用いたファラデー回転子は、例えば光アイソレータ、光サーキュレータ、あるいは光アッテネータ等の磁気光学素子に用いられる。

【0002】

【従来の技術】半導体レーザを用いた光通信や光応用機器には、光アイソレータ、光サーキュレータあるいは光アッテネータが広く使われている。これらのデバイスに必須な素子の一つとしてファラデー回転子が挙げられる。ファラデー回転子にはYIG(イットリウム鉄ガーネット)単結晶、ビスマス(Bi)置換希土類鉄ガーネット単結晶が知られているが、現在では、液相エビタキシャル(LPE)法により形成されたビスマス置換希土類鉄ガーネット単結晶膜を用いたファラデー回転子が主流になっている。

【0003】例えば、特公平6-46604号公報には、液相エビタキシャル成長法により育成され、一般式

$R_xPb_yBi_zFe_wM_dO_{1-x-y-z-w-d}$ (Rは希土類元素及びそれと置換可能な元素の中から選ばれた少なくとも1種の成分、Mは鉄元素と置換可能な元素の中から選ばれた少なくとも1種の成分、aは $0.01 \sim 0.2$ の数、bは $0.5 \sim 2.0$ の数、cは $0.01 \sim 2.0$ の数、dは $0 \sim 1$ の数である)で示される組成を有し、且つ前記式中のMの一部として周期表ⅠⅤA族及びⅠⅤ

B族に属するPb以外の四価元素を上記の一般式の原子比として 0.01 以上含有することを特徴とするビスマス置換希土類鉄ガーネットが記載されている。

【0004】上記公報に開示されているように、ⅠⅤ族元素を添加することにより、Bi置換希土類鉄ガーネット単結晶を液相エビタキシャル法で育成する際にPb''を消失させることができ、それによりBi置換希土類鉄ガーネット単結晶に光が透過する際の吸収損失を低減させることができるようになる。

10 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、特公平6-46604号公報に開示された実施例に示されているように、ⅠⅤ族元素として例えばTiO₂を添加して液相エビタキシャル法により単結晶エビタキシャル膜を育成すると、得られたBi置換希土類鉄ガーネット単結晶エビタキシャル膜の光吸収損失を低減させる効果が認められる。ところが、得られるエビタキシャル膜の膜厚が約 $200 \mu m$ 以上になった場合には、膜表面に多数の結晶欠陥が確認されるようになる。そのような結晶表面を研磨して無反射膜を形成し、光アイソレータ用のファラデー回転子を作製したところ、赤外線を用いた観察によりファラデー回転子の内部に多数の欠陥が確認され、また消光比も低下することが判明した。

【0006】特公平6-46604号公報に記載された発明は、Bi置換希土類鉄ガーネット単結晶エビタキシャル膜の光吸収損失低減を技術的課題としており、結晶欠陥の発生を抑えることや消光比を向上させるという課題に関しては何ら開示していない。Bi置換希土類鉄ガーネット単結晶エビタキシャル膜の結晶欠陥の発生を抑えることができれば、ファラデー回転子の消光比を向上させることができ、さらには、ファラデー回転子の消光比の向上により、光アイソレータを初めとする光通信用品の性能を向上させることができるようになる。

【0007】本発明の目的は、結晶欠陥の発生を抑えた磁性ガーネット単結晶を提供することにある。また、本発明の目的は、消光比を向上させたファラデー回転子を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】そこで本発明者達は、結晶欠陥を多数発生させることなく約 $200 \mu m$ 以上の単結晶を得ること、及び光吸収低減を達成するための添加物を検討した。その結果、添加元素としてⅠⅤ族の元素と同様の4価の構造を安定して取り得るPtを用いると大きな効果があることを見出した。すなわち、PtO₂またはPtをフラックスに溶解して、厚さ $200 \mu m$ 以上のBi置換希土類鉄ガーネット単結晶を育成したところ、エビタキシャル膜表面の結晶欠陥数は著しく少なくなり、その単結晶内部を赤外線を用いた偏光顕微鏡による観察を行っても結晶欠陥は認められず、また光吸収損失をほぼ零(ゼロ)にすることができた。

【0009】上記目的は、液相エピタキシャル成長法により育成され、一般式 $\text{Bi}_x\text{Pb}_y\text{A}_{1-x-y}\text{Fe}_z\text{O}_{3-z}$ (式中のAは、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luから選択される少なくとも1種類の元素、BはGa、Al、Sc、Ge、Siから選択される少なくとも1種類の元素、a、b、c、dは各々、 $0 < a < 3.0$ 、 $0 < b \leq 2.0$ 、 $0 \leq c \leq 2.0$ 、 $0 < d \leq 2.0$)で示されることを特徴とする磁性ガーネット単結晶によって達成される。上記本発明の磁性ガーネット単結晶において、その膜厚が $200\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする。また、 $0.5 \leq b/d \leq 2.0$ であることが好ましい。また上記目的は、本発明の記載の磁性ガーネット単結晶で形成されることを特徴とするファラデー回転子によって達成される。

【0010】本発明の作用について以下に説明する。 Ti^{4+} や Pt^{4+} は、Bi置換希土類鉄ガーネットの格子では6配位のFeサイトに置換される。しかし Ti^{4+} はイオン半径が6配位の Fe^{3+} より大きいのでBi置換希土類鉄ガーネットの格子に歪みが生じ、そのためエピタキシャル成長が進み膜厚が厚くなると格子の歪みが蓄積され、結晶欠陥が多数発生すると考えられる。 Pt^{4+} はイオン半径が6配位の Fe^{3+} よりも小さいためガーネットの格子に歪みは発生せず、エピタキシャル膜が厚くなっても結晶欠陥が発生しないと考えられる。この Pt^{4+} で Fe^{3+} を置換した単結晶を用い波長 $1.31\mu\text{m}$ および $1.55\mu\text{m}$ の光でファラデー回転角 45° のファラデー回転子を作製すると結晶内部の欠陥は認められず、 40dB 以下となるような消光比不良は発生しなくなった。そしてこのような添加物としての PtO_2 及び Pt の効果は他の Pt 化合物を用いても同様な効果が期待できる。

【0011】また、本発明の磁性ガーネット単結晶において、aは磁性ガーネット中のBi量を表している。Bi量aはファラデー回転子の回転能($\text{deg}/\mu\text{m}$)を決める因子であり、Bi量aが大きいほどファラデー回転能は大きくなる。ファラデー回転子として用いる場合の磁性ガーネット単結晶の好適なBi量aは約 $0.6 \sim 1.5$ である。Bi量aが 0.6 以下ではファラデー回転能が小さくなりすぎ、 1.5 以上ではガーネット以外の相の析出が起こり磁性ガーネットの正常なエピタキシャル成長ができなくなる可能性がある。但し、現状において実験的にBi量aが 0.6 以下の磁性ガーネットも製造可能であり、また真空成膜の技術によればBi量aが 3.0 の磁性ガーネットも得られている。従って、ファラデー回転子を作製するための磁性ガーネット単結晶のBi量aは、本発明においては $0 < a < 3.0$ に設定している。

【0012】bは磁性ガーネット中のPb量を表している。Pb量bが少なくとも 2.0 程度までのガーネット

は焼結体の状態で存在が可能であるので、本発明においては $0 < b \leq 2.0$ に設定している。cは、CaやAlなどのFeに置換し得る非磁性元素の量を表している。非磁性元素量cが 2.0 程度を超えると磁性ガーネットはフェリ磁性体から常磁性体になるためファラデー回転能は著しく小さくなり回転子として使用できなくなる。従って、本発明では、非磁性元素量cを $0 \leq c \leq 2.0$ に設定している。

【0013】dは、Ptの量を表している。光吸収損失を小さくするには2価の元素であるPb量と4価の元素であるPt量dをほぼ同量にする必要があるので、Pt量dはPb量と同様に $0 < d \leq 2.0$ に設定している。また、 $0.5 \leq b/d \leq 2.0$ であることが好ましいのも、光吸収損失(挿入損失)との関係から得られるものである。例えば後述の実施例1では、Pb量bが 0.04 でPt量dも 0.04 であるのでPb量b/Pt量d $=1$ となる。このときのファラデー回転子の挿入損失は $0.01 \sim 0.05\text{dB}$ である。また例えば実施例2では、Pb量bが 0.04 でPt量dは 0.02 であるのでPb量b/Pt量d $=2$ となる。このときのファラデー回転子の挿入損失は $0.06 \sim 0.10\text{dB}$ である。光アイソレータ用のファラデー回転子の挿入損失として一般的に要求される値は 0.10dB である。Pb量bとPt量dが一致する組成が最も挿入損失が小さくなり、Pb量bとPt量dの割合が異なってくると共に挿入損失は大きくなる。従って一般的な要求値である挿入損失 0.10dB を満たすためには $0.5 \leq b/d \leq 2.0$ の条件が必要になる。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態では、Ptを含有する膜厚 $200\mu\text{m}$ 以上のBi置換希土類鉄ガーネット単結晶膜をPbを含むフラックスから育成する。得られたBi置換希土類鉄ガーネット単結晶膜を用い、光吸収損失が小さく、結晶欠陥が少なく消光比の高いファラデー回転子を安定して製造できる。

【0015】

【実施例】以下に、本発明に係る磁性ガーネット単結晶及びそれを用いたファラデー回転子の具体的な実施例として【実施例1】乃至【実施例4】について比較例とともに説明する。

【実施例1】Pt製のろつば内に、 Yb_2O_3 (重量: 6.747g)、 Gd_2O_3 (重量: 6.624g)、 Bi_2O_3 (重量: 43.214g)、 Fe_2O_3 (重量: 144.84g)、 PbO (重量: 1189.6g)、 Bi_2O_3 (重量: 826.4g)、 PtO_2 (重量: 5.121g)の材料を充填して約 1000°C で融解して攪拌を行い均質化した後、 $120^\circ\text{C}/\text{h}$ (時間)で降温させ 820°C の過飽和状態で温度の安定を取った。そして2インチφのサイズを有する(Ca、Mg、Zr)置換ガドリニウム・ガリウム・ガーネット (以下、GGGとい

う) 単結晶基板を100回転/分(r.p.m.)で回転させながら磁性ガーネット単結晶膜をエビタキシャル成長させ膜厚505 μ mの単結晶膜を得た。

【0016】この磁性ガーネット単結晶膜の表面は鏡面状態であり、表面の結晶欠陥数を評価すると2インチφの単結晶膜で結晶欠陥は10個確認され、単結晶膜に割れは生じなかった。蛍光X線法により得られた単結晶膜の組成を分析するとBi_{1.12}Gd_{1.15}Yb_{0.69}Pb_{0.04}Fe_{4.96}Pt_{0.04}O₁₂であった。またこの磁性ガーネット単結晶膜を波長1.55 μ mの光でファラデー回転角が45degとなるように研磨加工し両面に無反射膜を付けて波長1.55 μ m用ファラデー回転子を作製した。

【0017】このファラデー回転子を3mm角に切断して内部結晶欠陥、ファラデー回転能、挿入損失、温度特*

*性および消光比を評価すると、赤外線を用いた偏光顕微鏡観察では欠陥は認められず、膜厚は400 μ mでファラデー回転係数は0.113deg/ μ m、挿入損失は最大0.05dBで最小0.01dB、温度特性は0.067deg/°C、消光比は最大45.6dBで最小42.1dBの値が得られた(表1参照)。本実施例1では、ファラデー回転子の挿入損失は0.01~0.05dBであり、一般的な要求値である挿入損失0.10dB以下を満たしている。このときのPb量bは0.04でPt量dが0.04であるのでPb量b/Pt量d=1となり、0.5 \leq b/d \leq 2.0の範囲内に入っている。

【0018】

【表1】

	組成	欠陥数(個)	挿入損失(dB)	消光比(dB)
実施例1	Bi _{1.12} Gd _{1.15} Yb _{0.69} Pb _{0.04} Fe _{4.96} Pt _{0.04} O ₁₂	10	0.01~0.05	42.1~45.6
実施例2	Bi _{1.12} Gd _{1.15} Yb _{0.69} Pb _{0.04} Fe _{4.88} Pt _{0.02} O ₁₂	15	0.06~0.10	41.6~44.9
実施例3	Bi _{1.16} Gd _{1.08} Yb _{0.72} Pb _{0.04} Fe _{4.97} Pt _{0.03} O ₁₂	18	0.03~0.07	41.9~45.6
実施例4	Bi _{1.30} Gd _{0.90} Yb _{0.76} Pb _{0.04} Fe _{4.96} Pt _{0.04} O ₁₂	10	0.01~0.04	42.1~45.7
比較例	Bi _{1.30} Gd _{0.90} Yb _{0.76} Pb _{0.04} Fe _{4.96} Pt _{0.01} Ti _{0.03} O ₁₂	166	0.02~0.04	36.9~38.9

表1 Bi置換希土類鉄ガーネット単結晶膜の組成と評価結果

【0019】【実施例2】PtるつばにYb₂O₃(重量:6.747g)、Gd₂O₃(重量:6.624g)、B₂O₃(重量:43.214g)、Fe₂O₃(重量:144.84g)、PbO(重量:1189.6g)、Bi₂O₃(重量:826.4g)、PtO₂(重量:2.556g)を充填して約1000°Cで融解して攪拌を行い均質化した後、120°C/hで降温させ820°Cの過飽和状態で温度の安定を取った。そして2インチφのサイズを有する(Ca、Mg、Zr)置換GGG単結晶基板を100r.p.m.で回転させながら磁性ガーネット単結晶膜をエビタキシャル成長させ膜厚500 μ mの単結晶膜を得た。

【0020】この磁性ガーネット単結晶膜の表面は鏡面状態であり、表面の結晶欠陥数を評価すると、2インチφの単結晶膜で結晶欠陥は15個確認され単結晶膜に割れは生じなかった。蛍光X線法により得られた単結晶膜の組成を分析するとBi_{1.12}Gd_{1.15}Yb_{0.69}Pb_{0.04}Fe_{4.96}Pt_{0.04}O₁₂であった。またこの磁性ガーネット単結晶膜を波長1.55 μ mの光でファラデー回転角が45degとなるように研磨加工し、両面に無反射膜を付けて波長1.55 μ m用ファラデー回転子を作製した。

【0021】このファラデー回転子を3mm角に切断して内部結晶欠陥、ファラデー回転能、挿入損失、温度特性および消光比を評価すると、赤外線を用いた偏光顕微鏡観察では欠陥は認められず、膜厚は400 μ mでファラデー回転係数は0.113deg/ μ m、挿入損失は

最大0.10dBで最小0.06dB、温度特性は0.064deg/°C、消光比は最大44.9dBで最小41.6dBの値が得られた(表1参照)。本実施例2では、ファラデー回転子の挿入損失は0.06~0.10dBであり、一般的な要求値である挿入損失0.10dB以下を満たしている。このときのPb量bは0.04でPt量dが0.02であるのでPb量b/Pt量d=2となり、0.5 \leq b/d \leq 2.0の範囲内に入っている。

【0022】【実施例3】PtるつばにYb₂O₃(重量:10.677g)、Gd₂O₃(重量:7.403g)、B₂O₃(重量:48.68g)、Fe₂O₃(重量:205.58g)、PbO(重量:430.5g)、Bi₂O₃(重量:1605.8g)の材料を充填して約1050°Cで融解して攪拌を行い均質化した後、120°C/hで降温させ885°Cの過飽和状態で温度の安定を取った。そして2インチφのサイズを有する(Ca、Mg、Zr)置換GGG単結晶基板を100r.p.m.で回転させながら磁性ガーネット単結晶膜をエビタキシャル成長させ膜厚620 μ mの単結晶膜を得た。

【0023】この磁性ガーネット単結晶膜の表面は鏡面状態であり、表面の結晶欠陥数を評価すると、2インチφの単結晶膜で結晶欠陥は18個確認され単結晶膜に割れは生じなかった。蛍光X線法により得られた単結晶膜の組成を分析するとBi_{1.16}Gd_{1.08}Yb_{0.72}Pb_{0.04}Fe_{4.97}Pt_{0.03}O₁₂であった。磁性ガーネットに含まれるPtはPb含有フラックス中にPtるつばより溶出したものである。またこの磁性ガーネット単結晶膜を波長1.31 μ mの光でファラデー回転角が45degと

なるように研磨加工し、両面に無反射膜を付けて波長1.31 μ m用ファラデー回転子を作製した。

【0024】このファラデー回転子を3mm角に切断して内部結晶欠陥、ファラデー回転係数、挿入損失、温度特性および消光比を評価したところ、赤外線を用いた偏光顕微鏡観察では欠陥は認められず、膜厚240 μ mでファラデー回転係数は0.188deg/ μ m、挿入損失は最大0.07dBで最小0.03dB、温度特性は0.064deg/ $^{\circ}$ C、消光比は最大45.6dBで最小41.9dBの値が得られた(表1参照)。本実施例3では、ファラデー回転子の挿入損失は0.03~0.07dBであり、一般的な要求値である挿入損失0.10dB以下を満たしている。このときのPb量bは0.04でPt量dが0.03であるのでPb量b/Pt量d=1.33となり、0.5 \leq b/d \leq 2.0の範囲内に入っている。

【0025】[実施例4]PtるつばにYb₂O₃(重量:8.434g)、Gd₂O₃(重量:5.300g)、Bi₂O₃(重量:43.214g)、Fe₂O₃(重量:144.84g)、PbO(重量:1189.6g)、Bi₂O₃(重量:826.4g)、TiO₂(重量:5.121g)の材料を充填して約1000 $^{\circ}$ Cで融解して攪拌を行い均質化した後、120 $^{\circ}$ C/hで降温させ804 $^{\circ}$ Cの過飽和状態で温度の安定を取った。そして2インチφのサイズを有する(Ca、Mg、Zr)置換GGG単結晶基板を100r.p.m.で回転させながら磁性ガーネット単結晶膜をエピタキシャル成長させ膜厚360 μ mの単結晶膜を得た。

【0026】この磁性ガーネット単結晶膜の表面は鏡面状態であり、表面の結晶欠陥数を評価すると、2インチφの単結晶膜で結晶欠陥は10個確認され単結晶膜に割れは生じなかった。蛍光X線法により得られた単結晶膜の組成を分析するとBi_{1.1}、Gd_{0.1}、Yb_{0.1}、Pb_{0.1}、Fe_{0.1}、Pt_{0.1}、O_{1.2}であった。またこの磁性ガーネット単結晶膜を波長1.31 μ mの光でファラデー回転角が45degとなるように研磨加工し、両面に無反射膜を付けて波長1.31 μ m用ファラデー回転子を作製した。

【0027】このファラデー回転子を3mm角に切断して内部結晶欠陥、ファラデー回転係数、挿入損失、温度特性および消光比を評価したところ、赤外線を用いた偏光顕微鏡観察では欠陥は認められず、膜厚200 μ mでファラデー回転係数は0.225deg/ μ m、挿入損失は最大0.04dBで最小0.01dB、温度特性は0.063deg/ $^{\circ}$ C、消光比は最大45.7dBで最小42.1dBの値が得られた(表1参照)。本実施例

4では、ファラデー回転子の挿入損失は0.01~0.04dBであり、一般的な要求値である挿入損失0.10dB以下を満たしている。このときのPb量bは0.04でPt量dが0.04であるのでPb量b/Pt量d=1となり、0.5 \leq b/d \leq 2.0の範囲内に入っている。

【0028】[比較例]PtるつばにYb₂O₃(重量:8.434g)、Gd₂O₃(重量:5.300g)、Bi₂O₃(重量:43.214g)、Fe₂O₃(重量:144.84g)、PbO(重量:1189.6g)、Bi₂O₃(重量:826.4g)、TiO₂(重量:1.810g)の材料を充填して約1000 $^{\circ}$ Cで融解して攪拌を行い均質化した後、120 $^{\circ}$ C/hで降温させ804 $^{\circ}$ Cの過飽和状態で温度の安定を取った。そして2インチφのサイズの(Ca、Mg、Zr)置換GGG単結晶基板を100r.p.m.で回転させながら磁性ガーネット単結晶膜をエピタキシャル成長させ膜厚355 μ mの単結晶膜を得た。

【0029】この磁性ガーネット単結晶膜の表面はにこっており、表面の結晶欠陥数を評価すると、2インチφの単結晶膜で結晶欠陥は166個確認され単結晶膜に割れは生じなかった。蛍光X線法により得られた単結晶膜の組成を分析するとBi_{1.1}、Gd_{0.1}、Yb_{0.1}、Pb_{0.1}、Fe_{0.1}、Pt_{0.1}、Ti_{0.1}、O_{1.2}であった。またこの磁性ガーネット単結晶膜を波長1.31 μ mの光でファラデー回転角が45degとなるように研磨加工し、両面に無反射膜を付けて波長1.31 μ m用ファラデー回転子を作製した。

【0030】このファラデー回転子を3mm角に切断して内部結晶欠陥、ファラデー回転係数、挿入損失、温度特性および消光比を評価したところ、赤外線を用いた偏光顕微鏡観察により1~2個の欠陥が認められ、膜厚200 μ mでファラデー回転係数は0.225deg/ μ m、挿入損失は最大0.04dBで最小0.02dB、温度特性は0.063deg/ $^{\circ}$ C、消光比は最大38.9dBで最小36.9dBであった(表1参照)。本比較例では、ファラデー回転子の挿入損失は0.02~0.04dBであり、一般的な要求値である挿入損失0.10dB以下を満たしている。これは、本比較例が、上述の特公平6-46604号公報に開示された発明に包含されているからである。

【0031】

【発明の効果】以上の通り、本発明によれば、光吸収損失が小さいだけでなく結晶欠陥の少ない磁性ガーネット単結晶を得ることができる。また、消光比の高いファラデー回転子を安定して得ることができるようになる。